

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11046 U.S. PRO-  
10/081385  
02/20/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 3月19日

出願番号

Application Number:

特願2001-078878

出願人

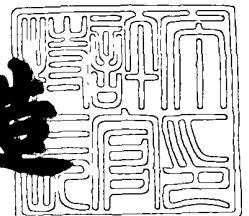
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年 9月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3085509

【書類名】 特許願

【整理番号】 Y3334

【提出日】 平成13年 3月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 廣瀬 丈師

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 野本 峰生

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100093492

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 市郎

【電話番号】 03-3591-8550

【選任した代理人】

【識別番号】 100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】 武 顕次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 113584

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 膜厚計測のための計測点決定方法およびそれを用いた薄膜デバイスの製造方法並びに薄膜デバイスの製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ウェハ上に透光性の薄膜に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の前記透光性の薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定する膜厚計測のための計測点決定方法であって、

ウェハ上の特定のチップ領域において予め定めた仮の基準計測点を起点として、この仮の基準点の近傍を予め定めた経路にしたがって、間欠的もしくは連続的にウェハ表面に光を照射してウェハからの反射光を検出し、検出した反射光の分光波形データに基づき、膜厚計測のための計測点を決定することを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載において、

前記特定のチップ領域には、多数の前記仮の基準計測点が定められ、各仮の基準点の近傍において、前記検出した反射光の分光波形データに基づき、膜厚計測のための計測点をそれぞれ決定することを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載において、

前記決定される計測点は、前記分光波形データの解析結果により、膜厚計測の計測視野内に占める前記回路パターンのパターン面積率が、所定値を超えることを保証される点であることを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 4】 請求項 3 記載において、

前記決定される計測点は、前記光を照射してウェハからの反射光を検出する過程において、前記分光波形データの解析結果により、膜厚計測の計測視野内に占める前記回路パターンのパターン面積率が、所定値を超えることを保証される最初の点であることを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 5】 請求項 3 記載において、

前記決定される計測点は、前記光を照射してウェハからの反射光を検出した範囲内において、膜厚計測のために最も良好な点が選ばれることを特徴とする膜厚

計測のための計測点決定方法。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載において、

前記計測点を決定するための光学測定装置は、膜厚を測定するための光学測定装置と同様の装置が用いられることを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 7】 ウェハ上に透光性の薄膜に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の前記透光性の薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定する膜厚計測のための計測点決定方法であって、

ウェハ上の特定のチップ領域において予め定めた仮の基準計測点近傍の撮像画像から、前記回路パターンのエッジ検出処理、線の抽出処理、線の局所的な密度分布の抽出処理をして、膜厚計測の計測視野内に占める前記回路パターンのパターン面積率が、所定値を超えることを保証される点を、膜厚計測のための計測点として決定することを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 8】 ウェハ上に透光性の薄膜に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の前記透光性の薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定する膜厚計測のための計測点決定方法であって、

ウェハ上の特定のチップ領域において予め定めた仮の基準計測点近傍の設計情報から、前記回路パターンの局所的な密度分布の抽出処理をして、膜厚計測の計測視野内に占める前記回路パターンのパターン面積率が、所定値を超えることを保証される点を、膜厚計測のための計測点として決定することを特徴とする膜厚計測のための計測点決定方法。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の膜厚計測のための計測点決定方法を実行することを特徴とする薄膜デバイスの製造方法。

【請求項 10】 平坦化処理を行う CMP システムに、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の膜厚計測のための計測点決定方法を実行する装置と、膜厚計測装置とを組み込んだことを特徴とする薄膜デバイスの製造装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載において、

前記膜厚計測のための計測点決定方法を実行する装置と、前記膜厚計測装置とは、同一の装置が兼用されることを特徴とする薄膜デバイスの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、膜厚計測のための計測点決定方法およびそれを用いた薄膜デバイスの製造方法並びに薄膜デバイスの製造装置に係り、特に、ウェハ上に透光性の薄膜（光学的に透明な薄膜）に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の光学的に透明な薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定するようにした技術に関するものである。さらに詳しくは、シリコンウェハ上に半導体デバイスを製造する製造ラインなどにおいて、成膜工程の後に平坦化処理を施した光学的に透明な薄膜の膜厚を測定するための前提となる計測点を、有意に決定するような技術に関するものである。なお、光学的に透明な薄膜としては、上記の他に、DVD、TFT、LSIレチクル等の薄膜デバイスの製造工程におけるレジスト膜や絶縁膜等も含まれる。

## 【0002】

## 【従来の技術】

例えば、半導体デバイスの製造ラインにおけるCMP（Chemical Mechanical Polishing）加工を考える。半導体デバイスは、成膜、露光およびエッチング等により、デバイスおよび配線パターンをシリコンウェハ上に形成することによって製造される。近年、高精度化・高密度化を実現するために、微細化・多層化の方向に進んでおり、このことによって、ウェハ表面の凹凸が増大している。このようなウェハ上の凹凸は、配線等の形成に不可欠な露光を困難とするため、ウェハ表面の平坦化が行われる。この平坦化プロセスとして、化学的および物理的作用により表面を研磨して、平坦化を実現する上記のCMPが用いられる。なお、CMPは当該技術分野において既知の加工方法である。

## 【0003】

ところで、例えば半導体デバイスの製造過程における配線工程を考えた場合、CMP加工を行っても表面が完全に平坦にはならない場合が多い。この原因は、透明な膜内の下層に位置する回路パターンの局所的な面内に占める割合（パターン面積率）が一樣ではないからである。一般的に、透明な膜内の下層に位置する

回路パターンの面積率と、加工後の透明な薄膜の膜厚との間には、相関があることが知られている。加工後の膜厚のばらつきが大きい場合、その後の露光工程やエッチング工程において不良の原因となるので、CMP加工後の膜厚を管理することが必要である。

## 【0004】

そこで、CMP加工において膜厚管理が重要な課題となる。従来は、これを一般的には、加工時間によって管理していた。すなわち、CMP加工の前後で膜厚を計測することにより求まる研磨量と、実際に加工を行った研磨時間とから、研磨レートを算出し、これを次の加工時間にフィードバックさせるというものである。また、加工後の膜厚が所望の膜厚範囲に入っているかを確認するために、予め決定しておいた計測点を計測することにより、膜厚を管理する手法もとられおり、膜厚を計測する際は、チップ周辺部等に形成された、従来の膜厚計測装置で十分計測可能な大きさをもったパターン（ダミーパターン）上を計測していた。しかしながら、これらの膜厚管理手法では、実際のデバイスパターン（実際の製品の微細な回路パターン）上の真に必要なとする所望する部位の膜厚を計測していない。

## 【0005】

特開平6-252113号公報や特開平9-7985号公報では、実際のデバイスパターン上の膜厚の計測が可能なin-situ計測システムの開示がなされている。また、特開平9-109023号公報では、加工後、洗浄をせず水中に保持したままで膜厚を計測することにより、スループットの向上を実現するin-line計測システムの開示がなされている。上記の特開平6-252113号公報では、白色光の膜による干渉光の分光分布を周波数解析し、分光波形の持つ周波数成分と膜厚との関係に着目して、膜厚の絶対値を算出する。また、上記の特開平9-7985号公報では、レーザー（単波長）の膜による干渉光強度の加工時間による変化を検出し、その波形の持つ周波数成分から膜厚の算出を行う。

## 【0006】

また、特開平9-193995号公報では、分光波形の極値位置（波長）の検出等から加工の終点検出をするin-situ計測システムの開示がなされている。

【 0 0 0 7 】

また、本願出願人が先に提案した特開 2 0 0 0 - 9 4 3 7 号公報では、膜厚計測の計測視野内のパターン面積率（計測視野内に占める回路パターンのパターン面積）がある程度の値以上で有れば、光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明な薄膜の膜厚を測定可能とする技術が開示されている。この特開 2 0 0 0 - 9 4 3 7 号公報に記載された技術では、実際の製品の回路パターン上の透明な薄膜の膜厚を精度よく計測でき、チップ内での膜厚分布を評価することにより、熟練を要せずに正確な膜厚評価が可能となる。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上記の各公報においては、膜厚計測用の計測点を、有意なものに自動的に決定するという技術は示されていない。膜厚計測のための計測点は、①ウェハ面内及びチップ内全体の膜厚評価（例えば最大膜厚と最小膜厚を評価）が可能、②少ない計測点数（スループットを確保するため）、であるという条件を満たすことが望まれるが、この条件を満たす計測点の決定には、作業者の熟練が必要であり、また決定作業自体にも長時間を要する。

【 0 0 0 9 】

また、特開平 8 - 3 0 4 0 2 3 号公報には、膜厚を測定する際に、実際に測定する位置を確定するため、予め設定しておいた測定目標点と、撮像した画像中の代表測定点とを一致させるように X Y テーブルを移動させ、設計情報から与えられるウェハの相対位置データと代表測定点の座標値とから、測定対象のウェハ上の測定点候補座標を算出するようにした技術が開示されている。さらにまた、特開平 6 - 3 3 1 3 2 0 号公報には、膜厚を測定する際に、実際に測定する位置を確定するため、所定の領域における光の反射率を調べ、光ビームの照射面で透明膜下部が全て電極である、反射率が最大の位置で膜厚測定を行うようにした技術が開示されている。

【 0 0 1 0 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記した特開平 8 - 3 0 4 0 2 3 号公報や特開平 6 - 3 3 1 3 2 0 号公報に示された技術は、ウェハを搭載した X Y テーブルを膜厚計測装置に対して正確に位



置決めすることを主眼としたものであり、ある製品のチップに対して真に必要な計測点を、自動的に決定するようにしたものではない。すなわち、CMP加工後の膜厚計測においては、光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定することが肝要であり、この場合において、前記の特開2000-9437号公報に開示された技術を適用して膜厚測定を行うには、透明な薄膜の中において、回路パターンが所定のパターン面積率を超える箇所を特定しなければならない。しかしながら、顕微鏡視野や撮影画像の画面表示を目視して、作業者がチップ上に多数の計測点を決定するのは、時間のかかる面倒な作業であり、決定された計測点も客観的な判定基準に基づくものではない。

#### 【0011】

本発明は上記の点に鑑みなされたもので、その目的するところは、光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定するための計測点を、有意なものに自動的に決定できるようにすることにある。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、本発明の代表的な1つの発明では、ウェハ上に透光性の薄膜に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の透光性の薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定する膜厚計測のための計測点決定方法において、ウェハ上の特定のチップ領域において予め定めた仮の基準計測点を起点として、この仮の基準点の近傍を予め定めた経路にしたがって、間欠的もしくは連続的にウェハ表面に光を照射してウェハからの反射光を検出し、検出した反射光の分光波形データに基づき、膜厚計測のための計測点を決定するようにされる。

#### 【0013】

なお、上記以外の本発明の特徴的な構成やその作用効果は、以下の説明から明らかとなる。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。なお、ここでは半導体デ

バイスの製造過程におけるCMP加工後のウェハを対象として、光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定するための計測点を決定する手法について説明する。

## 【 0 0 1 5 】

前記した特開 2 0 0 0 - 9 4 3 7 号公報では、計測視野内のパターン面積率がある程度の値以上で有れば、任意のパターン上の膜厚計測が可能であることを利用して、チップ内の膜厚分布を求めることができることを示した。これを利用することによって、熟練した作業員でなくとも、チップ内またはウェハ内の膜厚分布を正確に評価できる（膜厚計測手法等の詳細な説明は、特開 2 0 0 0 - 9 4 3 7 号公報を参照されたい）。しかし、特開 2 0 0 0 - 9 4 3 7 号公報による技術では、例えばチップ内を 1 0 点×1 0 点の計 1 0 0 点の計測を行う場合、それぞれの計測点を作業員が決定する必要があった。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の一実施形態では、ウェハ表面に光を照射してウェハからの反射光を検出し、検出した反射光の分光波形データに基づき、膜厚計測のための計測点を決定するものである。以下、その詳細を説明する。

## 【 0 0 1 7 】

光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定するため計測点を自動で決定するには、所望のパターン上でかつ十分計測可能なパターン面積率であるか否かを判定する必要がある。この判定のために、計測しようとする領域において検出した分光波形を解析する。

## 【 0 0 1 8 】

計測可能な領域とそうでない領域とで検出した分光波形は、それぞれ特徴の異なったものとなる。例えば、LSIの配線工程におけるCMP工程後の試料を考えた場合、計測可能な領域とそうでない領域で検出した分光波形の典型的な例を、図 1、図 2 にそれぞれ示す。図 1 が前者の分光波形 1 で、図 2 が後者の分光波形 2 を表している。

## 【 0 0 1 9 】

図 1 の波形の特徴は、低周波成分と高周波成分とが重畳した波形となっている

。一方、図 2 の波形の場合は、図 1 における高周波成分が支配的となり、低周波成分はほとんど確認できない。このような違いは、パターン上からの反射光による干渉成分が支配的であるか、下層からの反射光による干渉成分が支配的であるかの違いにより生じる。

#### 【 0 0 2 0 】

上記のように波形の特徴の違いとして、周波数成分の違いが挙げられる。そこで、波形を周波数解析することにより、その特徴を抽出し、計測可能であるか否かを判定することができる。図 3 の 3 は図 1 を、図 4 の 4 は図 2 をそれぞれ周波数解析した結果を示している。これらの結果から計測可能であるか否かを判定する手法として、例えば図 3 において、高周波成分の強度 5 と低周波成分の強度 6 との比を算出し、これを予め設定したしきい値と比較して、しきい値より大きい場合は計測可能、そうでない場合は計測不可とする判定する手法が考えられる。また、図 4 に示すように、高周波成分の強度と予め設定したしきい値 7 とを比較し、しきい値より大きい場合は計測不可、そうでない場合は計測可能とする手法も考えられる。なお、周波数解析手段としては、F F T（高速フーリエ変換）、MEM（最大エントロピー法）等の周波数解析手法が考えられる。

#### 【 0 0 2 1 】

また、周波数解析をする代わりに、自己相関関数を演算することによって波形の周期性を抽出し、判定する方法も考えられる。

#### 【 0 0 2 2 】

波形の周期性に着目しない方法としては、図 5、図 6 に示すような手法も考えられる。例えば、波形の極大値 8、9 を抽出し、それらのばらつきの大きさと、予め設定したしきい値とを比較することにより、判定する手法である。すなわち、膜厚計測可能な場合の分光波形は低周波成分が大きいいため、計測可能な場合はそのばらつきも大きくなり、反対に、計測不可の場合はそのばらつきが小さくなることを利用する。

#### 【 0 0 2 3 】

また、計測対象構造がわかっている場合は、理論波形とのフィッティングによって判定する手法も考えられる。例えば、パターン上のみの構造から算出される

理論分光波形を、検出した分光波形にフィッティングさせることによって判定することができる。また、対象構造の膜厚の概値がわかっていればそれを含む値の範囲を設定し、その範囲の中でフィッティングさせ、フィッティング誤差（例えば両波形の誤差の2乗和）があるしきい値以下であれば計測可能とし、そうでない場合は計測不可とする手法も考えられる。図7、図8はフィッティングした場合の例を示している。図7ではフィッティング波形10と誤差が比較的小さいが、図8ではフィッティング波形11との誤差が大きい。

## 【0024】

図32は、分光波形を検出してこれを解析して判定するための、測定装置の光学測定系の構成を主として示す図であり、この測定装置は、膜厚計測装置としても用いられるものである。なお、膜厚計測装置は、実際には、XYステージ、ステージ駆動系、入力操作部、全体の制御を司る制御部などを含んで構成されるが、図32においてはこれらは割愛してある。

## 【0025】

図32において、50はウェハ、51はハロゲンランプ等よりなる白色光源、52はピンホール、53はビームスプリッタ、54はレンズ、55は光彩しぼり、56は回折格子、57は検出器、58は処理回路、59は表示器である。

## 【0026】

白色光源51から出射された白色光は、ピンホール52、ビームスプリッタ53を通り、レンズ54によって平行光となり光彩しぼり55を通過して、ウェハ50の表面の被測定膜に入射する。ウェハ50によって反射した光は、光彩しぼり55、レンズ54を通りビームスプリッタ53により光路を変更し、回折格子56に入射する。この回折格子56によって分光された光は検出器57上で結像され、これにより分光波形を求めることができる。処理回路58では、上述したような判定アルゴリズムによる判定処理を実行し、この判定結果や分光波形データは、必要に応じて表示器59上で確認可能とされる。そして、判定結果は、ウェハ50を搭載したXYステージの移動位置を参照して、チップの基準位置からの座標値と対応付けて、図示せぬ記憶手段に格納されるようになっている。

## 【0027】

次に、上述した判定手法に基づいて、計測点を自動探索して決定する方法について説明する。例えば図 1 8 に示すように、1 チップ内を 1 0 点×1 0 点の計 1 0 0 点で膜厚を計測する場合、予め設定した仮の各基準計測点 1 2 が計測可能な点で有るとは限らない。そのため、仮の基準計測点 1 2 が計測不能な点である場合には、仮の基準計測点 1 2 の近傍で計測可能な点を計測点として設定する必要がある。なお、図 1 8 において、2 1 は 1 チップの画像を示している。

## 【 0 0 2 8 】

図 9 ～図 1 4 が計測点を探索する手順の例を示した図である。図 9、図 1 0 は、水平方向 X と垂直方向 Y の探索点の間隔と点数を設定することにより、その各点にて順次分光波形を検出し、計測可否の判定をする場合を示している。

## 【 0 0 2 9 】

図 9 は、例えば X 方向に間隔  $d_X$  で 5 点、Y 方向に間隔  $d_Y$  で 3 点の、計 1 5 点を探索対象とする例であり、最初に基準計測点 1 2 で探索（分光波形検出と判定）を行い、続いて、基準計測点 1 2 を中心としてこれに近いものから順次探索を行う例を示している。

## 【 0 0 3 0 】

図 1 0 の場合は、X、Y 方向にそれぞれ間隔  $d_X$ 、 $d_Y$  で各 5 点の、計 2 5 点を探索対象とする例であり、最初に仮の基準計測点 1 2 で探索（分光波形検出と判定）を行い、続いて、仮の基準計測点 1 2 を中心として矩形渦巻き状に順次各点の探索を行う例を示している。

## 【 0 0 3 1 】

図 9、図 1 0 のいずれの場合も、探索の結果最初に計測可能と判定された点を膜厚測定のための計測点として決定して、以後の探索対象の探索を中止するようにしてもよいし、全ての探索対象の点を一旦全て分光検出し判定してから、判定結果の最も良好な点、または、計測可能な点で最も仮の基準計測点 1 2 に近い点（仮の基準計測点 1 2 が計測可能であるなら、仮の基準計測点 1 2）、あるいは両条件をできるだけ満たす点を、膜厚測定のための計測点として決定するようにしてもよい。なお、これは、以下の図 1 1 ～図 1 4 の場合においても同様である。

## 【 0 0 3 2 】

また、分光検出および判定処理が高速で行える場合は、図 9、図 1 0 のように間欠的ではなく、図 1 1 に示すように、図 1 0 と同様の矩形渦巻き状の経路にしたがって連続的に探索を行い、リアルタイムで分光検出および判定を行ってもよい。

## 【 0 0 3 3 】

図 1 2 ～図 1 4 は、図 1 0、図 1 1 において矩形渦巻き状で行っていた処理を、蚊取り線香形の渦巻き状に行った場合を示している。図 1 2 は、 $d\theta$  間隔で予め定められた軌跡上の各点を間欠的に探索している例を示しており、図 1 3 は、移動距離  $d$  1 間隔で予め定められた軌跡上の各点を間欠的に探索している例を示している。また、図 1 4 は、図 1 2 または図 1 3 と同様の経路にしたがって連続的に探索を行い、リアルタイムで分光検出および判定を行っている例を示している。

## 【 0 0 3 4 】

なお、仮の基準測定点 1 2 を基点とする仮の基準測定点 1 2 近傍の所定領域の探索は、上記した例以外にも種々のものが考えられ、例えば、同心の相似多角形や同心円状で行ってもよい。

## 【 0 0 3 5 】

以上のような、計測点を自動探索（分光検出および判定）して決定する処理を、全ての仮の基準測定点 1 2 およびその近傍に対して行い、図 1 9 に示すように、1 チップに 1 0 点  $\times$  1 0 点の計 1 0 0 点の計測点 1 3 を決定する。決定された各計測点 1 3 の座標値は、例えば当該チップの基準点（基準位置マーク）2 7（図 2 0 参照）からの位置座標として、図示せぬ記憶手段に保持される。

## 【 0 0 3 6 】

ここで、1 つのウェハ上の各チップは同一の薄膜デバイスであるので、計測点 1 3 を自動で決定するのは、1 つのチップのみに対して行ってもよく、あるいは、膜厚の計測対象とする複数のチップに対して行うようにしても、あるいは場合によっては、チップ全数に対して行うようにしてもよい。また、同一製品のウェハに対しては、当初のウェハ（当初のウェハのチップ）のみに対して計測点を自

動決定する処理を実行し、以降のウェハには、当初のウェハで決定した各測定点の座標を適用するようにされるが、必要に応じて、適宜の抜き取りタイミングのウェハに対して、計測点を自動再決定する処理を実行してもよい。

## 【 0 0 3 7 】

図 1 5 ～ 図 1 7 は、上述した計測点を自動決定する処理を、図 3 2 の測定装置（膜厚計測装置）で実際に実施した場合における、探索領域の表示画面を模式的に示したものである。図 1 5 ～ 図 1 7 は、前記図 1 0 に示した探索順序による例を示したものである。

## 【 0 0 3 8 】

図 1 5 ～ 図 1 7 において、1 5 は探索画面表示ウインド、1 6 A ～ 1 6 G は探索点（分光検出および判定を行う単位探索領域）である。また、黒の横バーで示したのが、最上層の光学的に透明な薄膜中に埋設された回路パターン 1 8 を表し、グレーの縦バーで示したのが、膜厚測定対象となる薄膜の下層の透明膜中に埋設された回路パターン 1 9 を表している。

## 【 0 0 3 9 】

図 1 5 は、仮の基準計測点 1 2 に相当する探索点 1 6 A を探索している様子を表しており、ここでの例では、黒の横バーの回路パターン 1 8 上の透明膜の膜厚計測を行うことが目的であるので、最初の探索点 1 6 A での判定結果は、回路パターン 1 8 のパターン面積率が 0 であるので、分光波形解析・判定の結果、膜厚計測不可の判定となる（なお、詳細は割愛するが、下層の上記回路パターン 1 9 から反射した光成分を含む分光波形は、回路パターン 1 8 がある場合の分光波形とは大きく異なるので、処理判定手段によって、簡単に除外し無視することができる）。

## 【 0 0 4 0 】

図 1 6 は、次の探索点 1 6 B を探索している様子を示している。この探索点 1 6 B での判定結果も、探索点 1 6 A での判定結果と同様に、膜厚計測不可の判定となる。なお、図中での小円内の「×」印は、判定結果が不可判定された探索点を表している。

## 【 0 0 4 1 】

以下同様に、探索点 1 6 C～1 6 F で探索を行って不可判定をされ、次に、探索点 1 6 G で探索を行っている様子を示したのが、図 1 7 である。図 1 7 の時点では、探索点 1 6 G でのパターン面積率が所定値以上であるので、分光波形解析・判定の結果、膜厚計測可能の判定となる。この後、全ての探索点を全て探索する場合には、残余の探索点で同様の処理を行うことになる。

#### 【 0 0 4 2 】

上述したような探索を、図 1 8 の 1 チップの画像 2 1 での 1 0 0 点の、仮の各基準計測点 1 2 近傍に対してそれぞれ行うことにより、図 1 9 に示すように、パターン面積率が所定値以上であることを保証される計測点 1 3 が、1 チップに 1 0 0 点決定されることになる。

#### 【 0 0 4 3 】

図 2 0 は、上述した計測点を自動決定する際における、操作画面例を模式的に示したものであり、同図には適宜の拡大撮像装置で取り込まれた 1 チップ分の画像が、適宜の表示装置に表示されている様子を示している。操作者（作業）は、図 2 0 の画面表示を参考にして、例えば 1 チップの基準点 2 7 をカーソル 2 6 などを用いて、図 3 2 の測定装置の制御部に認識させて記憶させ、このチップ基準点 2 7 を基準として、キー入力による座標数値入力操作やカーソル操作などによって、例えば 1 0 点×1 0 点の仮の基準計測点 1 2 を設定して記憶させる。その後、上述した一連の処理を実行して、1 0 点×1 0 点の膜厚測定のための計測点 1 3 を自動的に決定する。よって、仮の基準計測点 1 2 の設定は、等間隔などのラフで入力し易いものであってもよく、操作者にかかる負担は著しく軽微なものとなる。なお、図 2 1 は、設定した仮の基準測定点 1 2 を確認するためのウィンド画面例である。

#### 【 0 0 4 4 】

また、自動で決定しない場合は操作者が手動にて決定することも可能であり、その場合には、例えば図 2 0 に示すようにカーソル 2 6 などです望の点を選択し、その部分の拡大画像を表示させ（図 2 1 参照）、この状態で操作者が X Y ステージ等を操作して、計測点を決定すればよい。これは従来と同様であるが、膜厚測定可否の判定のため、上述してきた本実施形態の分光波形解析・判定処理を任



意の位置で行って、計測点の設定ための参考材料とすることで、適正な計測点を決定することが可能となる。

#### 【 0 0 4 5 】

次に、本発明の他の実施形態について説明する。この実施形態は、予め定めた仮の基準計測点近傍の撮像画像から、この画像データを適宜に画像処理することにより、膜厚計測のための計測点を自動的に決定するものである。図 2 2 から図 2 9 は、拡大撮像した仮の基準計測点の周辺の画像に基づいて、判定処理を行う場合の処理の流れの一例を示している。なお、仮の基準測定点の設定は、前記実施形態と同様に行われる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 2 2 は、仮の基準計測点の周辺画像を模式的に示したものである。図 2 2 において、黒の横バーで示した回路パターン 1 8 が、最上層の光学的に透明な薄膜中に埋設されたパターンを表し、この回路パターン 1 8 上の透明膜の膜厚計測を行うことが目的である。また、3 3 の小円は、仮の基準計測点を中心にもつ膜厚計測のための計測視野領域を表している。図 2 2 の場合、計測視野領域 3 3 が回路パターン上にはないため、膜厚計測することはできないと判定される。

#### 【 0 0 4 7 】

そこで、図 2 2 の画像に対して、図 2 3 に示すようにエッジ検出処理を行い、次に図 2 4 に示すように横線の抽出処理を行う。さらに、抽出した横線の分布を調べるため、図 2 5 に示すように図 2 4 の画像領域を区分化した後、図 2 6 に示すように各区分での横線の分布を数値化（量子化）し、然る後、図 2 7 に示すように、適宜の統計演算手法などを用いて横線の局所的な密度分布の重み付けを行い、回路パターン 1 8 のパターン面積率が所定値を超えることが十分に保証される最も好適な領域 3 6 を求める。

#### 【 0 0 4 8 】

図 2 8 は、図 2 7 のようにした求めた候補の領域 3 6 を、図 2 2 の回路パターン 1 8 の画面に合わせたイメージを表しており、この状態で X Y ステージを移動させて計測視野領域 3 3 内に領域 3 6 が入るように制御することで検出した移動量、あるいは、図 2 8（図 2 2）の計測視野領域 3 3 の位置からチップに対して

どれだけ移動すれば、計測視野領域 3 3 が領域 3 6 にオーバーラップするかの移動量を求めることにより、図 2 2 の仮の基準計測点を中心にもつ計測視野領域の中心座標値（仮の基準計測点の座標値）と上記で求めた移動量とから、膜厚計測を可能とする計測点を自動で決定することができる。なお、図 2 9 は、自動で決定された計測点を中心にもつ計測視野領域 3 4 と回路パターンとの関係を示している。

#### 【 0 0 4 9 】

本発明のさらに他の実施形態について説明する。この実施形態は、予め定めた仮の基準計測点近傍の設計データから、この設計データを適宜に画像処理するなどのデータ処理により、膜厚計測のための計測点を自動的に決定するものである。なお、仮の基準測定点の設定は、1 チップの C A D データなどの設計データを取り込んで、画面表示させることで、前記実施形態と同様に行われる。

#### 【 0 0 5 0 】

この実施形態では、撮像した画像データに代えて、最上層の光学的に透明な薄膜中に埋設された回路パターンの C A D データを得て、後は、図 2 2 ～図 2 9 に示したのと同様の処理を行うことで、膜厚計測を可能とする計測点を自動で決定する。

#### 【 0 0 5 1 】

以上に述べた 3 つの実施形態によれば、膜厚計測を行うためのチップ上の多数の計測点の決定を、操作者の経験や熟練に依存することなく、普遍性のある確かな判断基準で、迅速かつ的確に行うことができ、以って、操作者の熟練によらず、チップ面内またはウェハ面内の膜厚分布が正確に評価できることとなる。

#### 【 0 0 5 2 】

次に、上述した手法で決定した計測点で、それぞれ膜厚測定を行って、膜厚分布を評価することにより、膜厚管理用の少数計測点を決定する手法を説明する。少ない計測点で膜厚を正確に管理するには、膜厚の最大値と最小値の 2 点を計測することが最も効率が良い。図 3 0 において、3 7 は、例えば 1 チップの膜厚を 1 0 点×1 0 点の計 1 0 0 点で計測した結果に基づく、1 チップ内の膜厚分布を等高線状に示したものであり、max および min で示した部分は、膜厚最大値

と最小値の部分を示している。そこで、これらmaxおよびminの2点を、図31に示すように、1チップにおける膜厚管理用の最少の計測点41として選定すればよい。また、さらに正確な評価を必要とする場合は、図30の38、39の拡大図に示すように、maxとminのそれぞれの領域を更に細かい間隔で膜厚評価して、膜厚の最大値と最小値の位置を決定することにより、より精度の高い管理が可能となる。なお、膜厚管理用の少数計測点として、膜厚の最大値や最小値の領域以外の領域での評価点を用いてもよい。

## 【0053】

図33は、図32の測定装置すなわち膜厚計測装置を適用した薄膜デバイスの製造ラインを示す図であり、ここでは、膜厚計測のための計測点決定を実行する装置と膜厚計測装置とが兼用される例を示している。

## 【0054】

図33において、60は成膜装置、61は、CMP装置62と洗浄装置63と膜厚計測装置64とを有するCMP加工システム、65は露光装置、66はエッチング装置である。

## 【0055】

図示せぬウェハは、成膜、CMP加工、露光、エッチングなどという工程を繰り返して、各チップが薄膜デバイスとして作製される。いま、成膜装置60によってある製品の最初のウェハが成膜され、このウェハがCMP装置62によって平坦化され、洗浄装置63によって洗浄された後、膜厚計測装置64に引き渡されたとする。このとき、操作者は、膜厚計測装置64のディスプレイに表示されたチップの画像を見ながら、前記したように仮の計測基準点を設定した後、膜厚計測装置64に対して、膜厚計測のための計測点の自動決定処理を実行するように指示を出す。これを受けて膜厚計測装置64は、予め定められた計測点決定アルゴリズムなどにしたがって、前述したような計測点を自動決定する処理を実行する。得られた各計測点のデータは、計測条件格納部64aに、他の計測条件と共に格納される。この後、膜厚計測装置64は、計測点の決定処理に用いた同一のウェハに対して、計測条件格納部64aに格納された各計測点のデータを用いて、前記した特開2000-9437号公報に記載された技術と同様の手法によ

って、各計測点の膜厚を計測し、かつ、膜厚分布を求める。この後、ウェハは、露光装置 6 5、エッチング装置 6 6 などにより、薄膜デバイス作製のための適宜の処理を施される。

#### 【 0 0 5 6 】

なお、同一製品の次のウェハが膜厚計測装置 6 4 に引き渡されると、膜厚計測装置 6 4 は、計測条件格納部 6 4 a に格納された各計測点のデータを用いて、直ちに各計測点の膜厚を計測し、かつ、膜厚分布を求める処理を行う。この際、同一製品の次のウェハに対しては、最初のウェハの膜厚分布解析によって得られたデータに基づき、図 3 0、図 3 1 で述べたような、最少計測点での計測を実施させるようにすることも可能である。

#### 【 0 0 5 7 】

なおまた、膜厚計測装置 6 4 で得られた各計測点の膜厚データや膜厚分布データは、図示せぬ管理装置に転送され、管理装置はこのデータを参照して工程の評価・管理などを行うようになっている。

#### 【 0 0 5 8 】

上述した図 3 3 の例では、膜厚計測のための計測点決定を実行する装置と膜厚計測装置とを兼用するようにしているが、この装置を別個に設けてもよい。図 3 4 はこのような例を示している。

#### 【 0 0 5 9 】

図 3 4 では、複数の CMP 加工システム 6 1 が並列処理を行うようになっており、各 CMP 加工システム 6 1 が膜厚計測装置 6 4 を備えている。6 4' は、複数の CMP 加工システム 6 1 に対して 1 台だけ設けられたスタンドアローンタイプの膜厚計測装置で、このスタンドアローンタイプの膜厚計測装置 6 4' が、膜厚計測のための計測点の決定処理を実行する装置として機能し、得られた各計測点のデータを、各 CMP 加工システム 6 1 の膜厚計測装置 6 4 に展開するようになっている。

#### 【 0 0 6 0 】

なお、スタンドアローンタイプの膜厚計測装置 6 4' の機能を、1 つの CMP 加工システム 6 1 の膜厚計測装置 6 4 に担わせてもよいことは、言うまでもない

。また、膜厚計測装置は、必ずしもCMP加工システムに組み込まれたものでなくともよい。

【0061】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定するための計測点を、操作者の経験や熟練に依存することなく、普遍性のある確かな判断基準で、迅速かつ的確に自動決定することができる。したがって、このような計測点の決定手法を用いることにより、チップ面内またはウェハ面内の膜厚分布が正確に評価でき、以って、歩留まりおよびスループットの向上に寄与することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

膜厚計測可能な領域で検出した分光波形の一例を示す説明図である。

【図2】

膜厚計測不可の領域で検出した分光波形の一例を示す説明図である。

【図3】

膜厚計測可能な領域で検出した分光波形を周波数解析した結果の一例を示す説明図である。

【図4】

膜厚計測不可の領域で検出した分光波形を周波数解析した結果の一例を示す説明図である。

【図5】

膜厚計測可能な領域で検出した分光波形の極大値を検出した一例を示す説明図である。

【図6】

膜厚計測不可の領域で検出した分光波形の極大値を検出した一例を示す説明図である。

【図7】

膜厚計測可能な領域で検出した分光波形に対して理論波形をフィッティングさ

せた一例を示す説明図である。

【図 8】

膜厚計測不可の領域で検出した分光波形に対して理論波形をフィッティングさせた一例を示す説明図である。

【図 9】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 0】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 1】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 2】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 3】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 4】

本発明の実施形態における計測点探索手順の一例を示す説明図である。

【図 1 5】

本発明の実施形態における膜厚計測点探索の表示の一例を示す説明図である。

【図 1 6】

本発明の実施形態における膜厚計測点探索の表示の一例を示す説明図である。

【図 1 7】

本発明の実施形態における膜厚計測点探索の表示の一例を示す説明図である。

【図 1 8】

本発明の実施形態における膜厚計測点探索前の仮の基準計測点の一例を示す説明図である。

【図 1 9】

本発明の実施形態における膜厚計測点の決定結果の一例を示す説明図である。

【図 2 0】

本発明の実施形態における、膜厚計測点を自動決定する際の操作画面の一例を

示す説明図である。

【図 2 1】

本発明の実施形態における、設定した仮の基準測定点を確認するためのウインド画面の一例を示す説明図である。

【図 2 2】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 3】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 4】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 5】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 6】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 7】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 8】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 2 9】

本発明の実施形態における画像処理を用いた計測点決定処理の一例を示す説明図である。

【図 3 0】

本発明の実施形態における膜厚管理用の少数計測点の決定手法の一例を示す説明図である。

【図 3 1】

本発明の実施形態における膜厚管理用の少数計測点の決定結果の一例を示す説明図である。

【図 3 2】

本発明の実施形態における膜厚測定装置の光学測定系の構成を主として示す説明図である。

【図 3 3】

本発明の実施形態による膜厚計測点の決定方法を実行する膜厚計測装置を適用した、薄膜デバイスの製造ラインの一例を示す説明図である。

【図 3 4】

本発明の実施形態による膜厚計測点の決定方法を実行する膜厚計測装置を適用した、並列処理型の CPM 加工システムの一例を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1 膜厚計測可能な領域で検出した分光波形
- 2 膜厚計測不可の領域で検出した分光波形
- 3 膜厚計測可能な領域で検出した分光波形の周波数解析結果
- 4 膜厚計測不可の領域で検出した分光波形の周波数解析結果
- 5 高周波成分の強度
- 6 低周波成分の強度
- 7 強度しきい値
- 8 膜厚計測可能な領域で検出した分光波形の極大値
- 9 膜厚計測不可の領域で検出した分光波形の極大値
- 10 膜厚計測可能な領域で検出した分光波形に対してフィッティングした理論波形
- 11 膜厚計測不可の領域で検出した分光波形に対してフィッティングした理論波形
- 12 仮の基準計測点



- 1 3 決定した膜厚計測のための計測点
- 1 5 探索画面表示ウィンドウ
- 1 6 A～1 6 G 探索点（分光検出および判定を行う単位探索領域）
- 1 8 最上層の光学的に透明な薄膜中に埋設された回路パターン
- 1 9 膜厚測定対象となる薄膜の下層の透明膜中に埋設された回路パターン
- 2 1 1チップの画像
- 2 6 カーソル
- 2 7 チップ基準点（基準位置マーク）
- 3 3 計測視野領域
- 3 4 計測視野領域
- 3 6 求めた候補の領域
- 3 7 1チップの膜厚分布計測結果
- 3 8 膜厚最小部を含む詳細な膜厚分布計測結果
- 3 9 膜厚最大部を含む詳細な膜厚分布計測結果
- 4 1 膜厚管理用の最少計測点
- 5 0 ウェハ
- 5 1 白色光源
- 5 2 ピンホール
- 5 3 ビームスプリッタ
- 5 4 レンズ
- 5 5 光彩しぼり
- 5 6 回折格子
- 5 7 検出器
- 5 8 処理回路
- 5 9 表示器
- 6 0 成膜装置
- 6 1 CMP加工システム
- 6 2 CMP装置
- 6 3 洗浄装置

6 4 膜厚計測装置

6 4' スタンドアローンタイプの膜厚計測装置

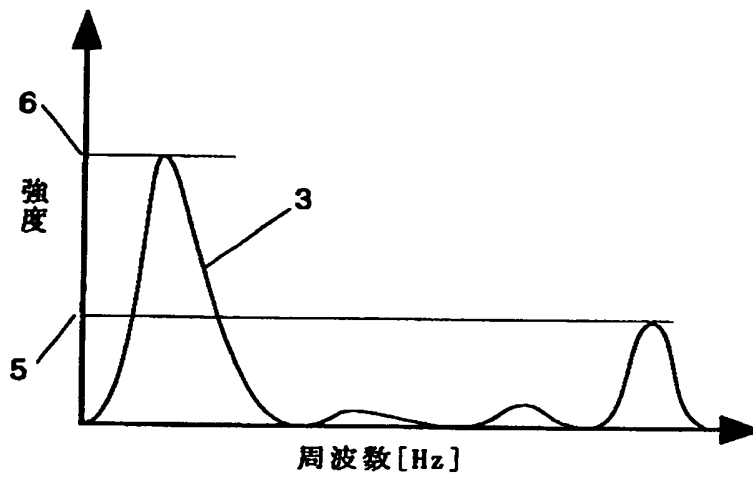
6 5 露光装置

6 6 エッチング装置



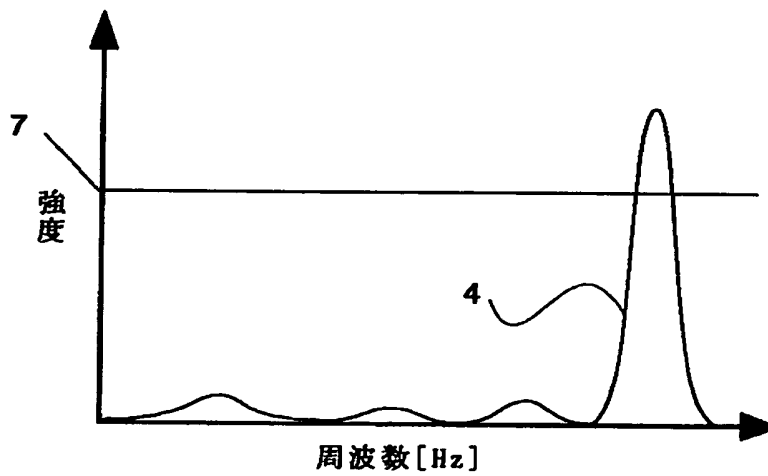
【図 3】

図 3

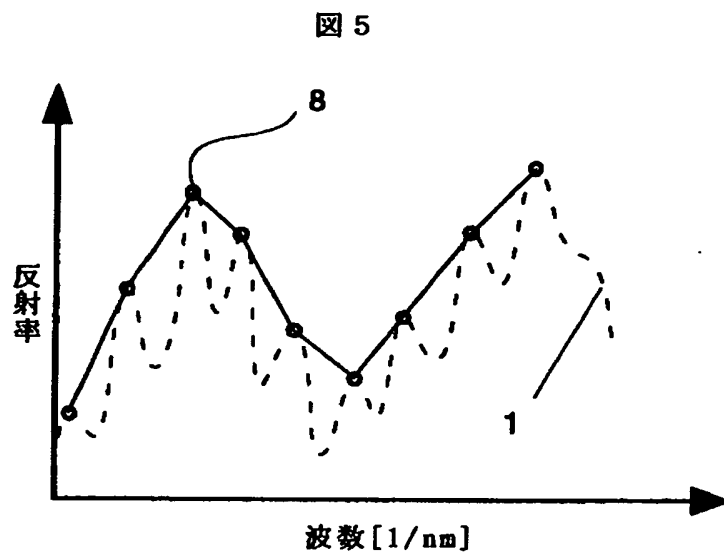


【図 4】

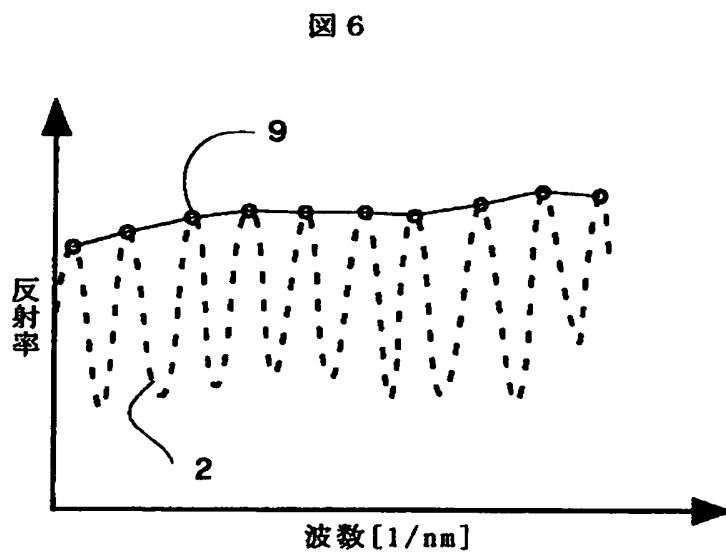
図 4



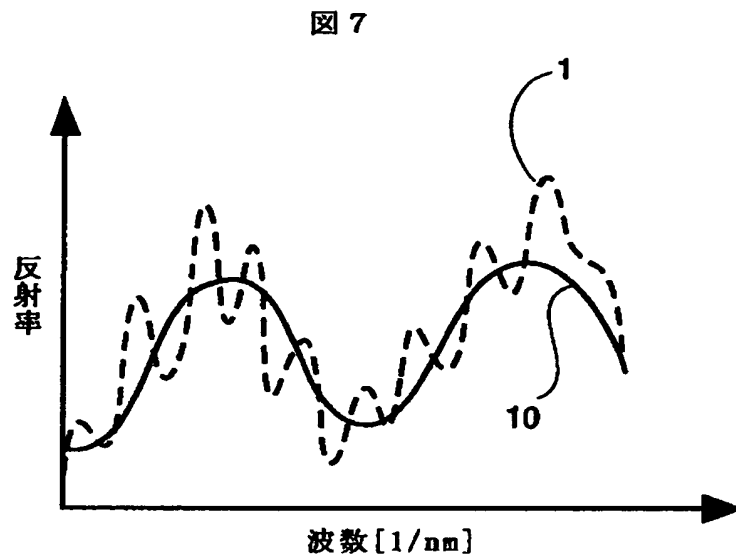
【図 5】



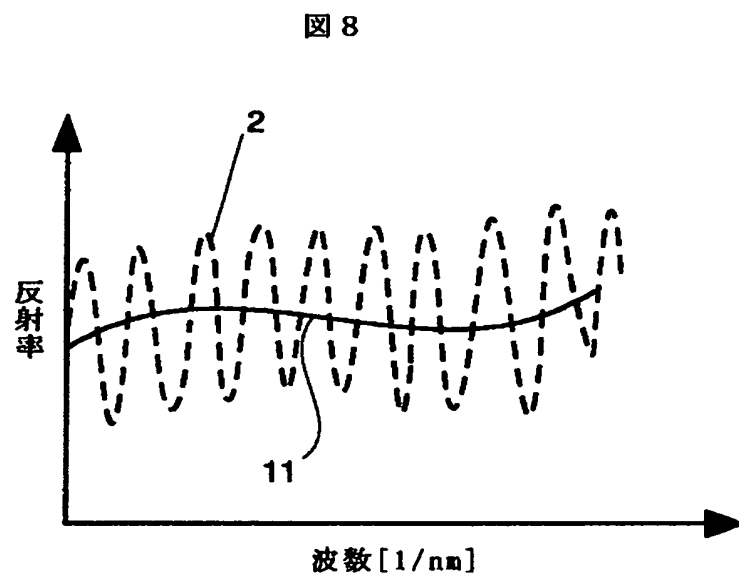
【図 6】



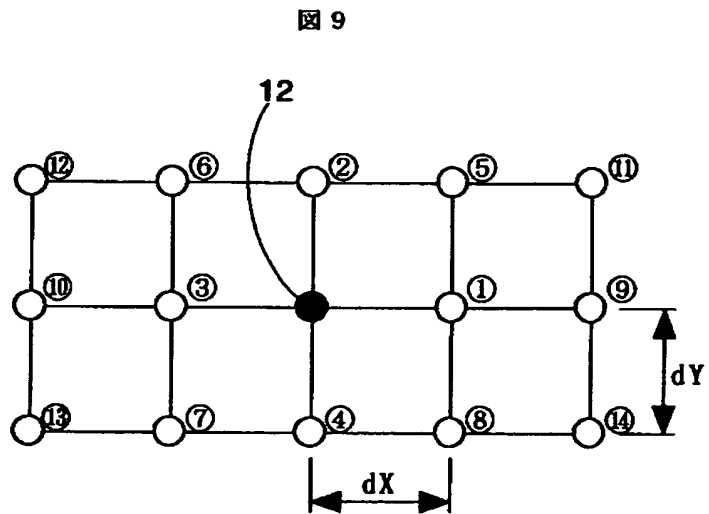
【図7】



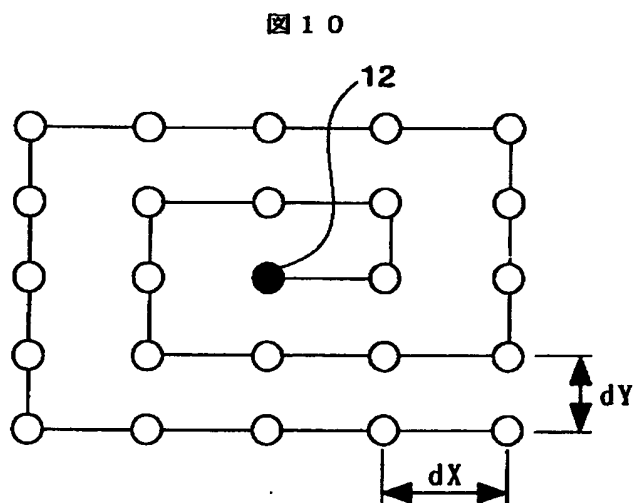
【図8】



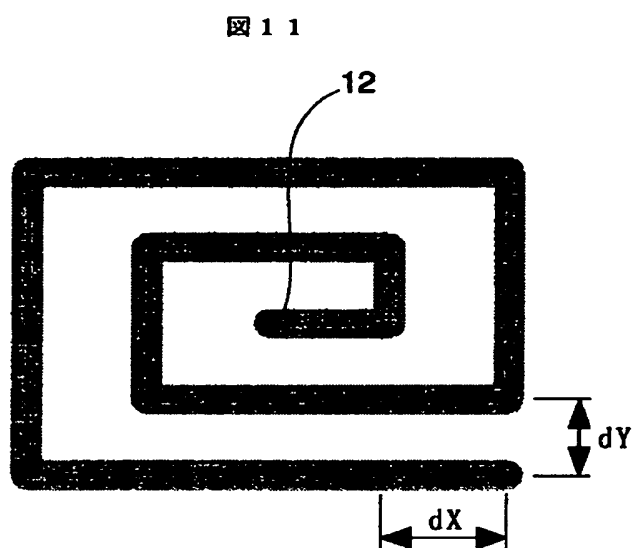
【図 9】



【図 10】



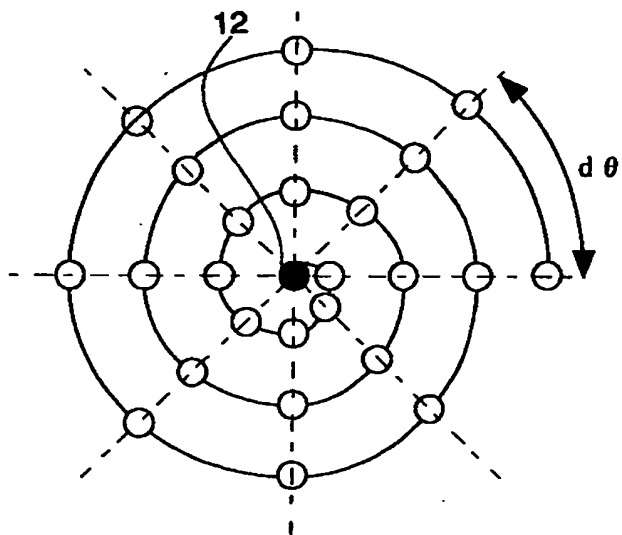
【図 1 1】





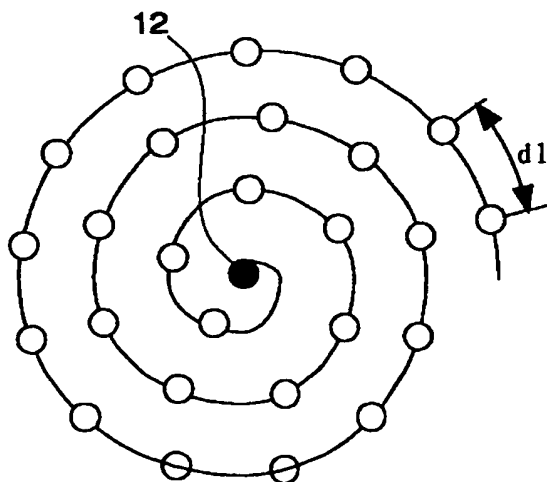
【図 1 2】

図 1 2



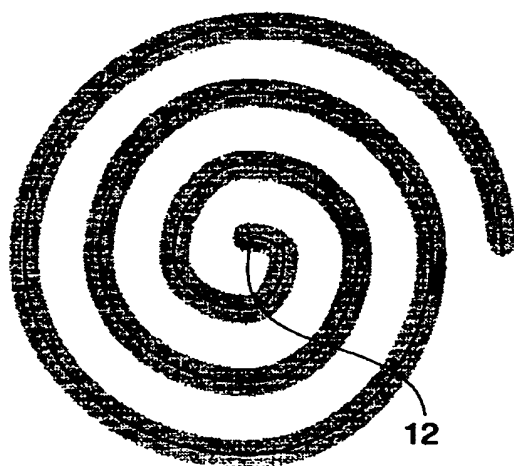
【図 1 3】

図 1 3

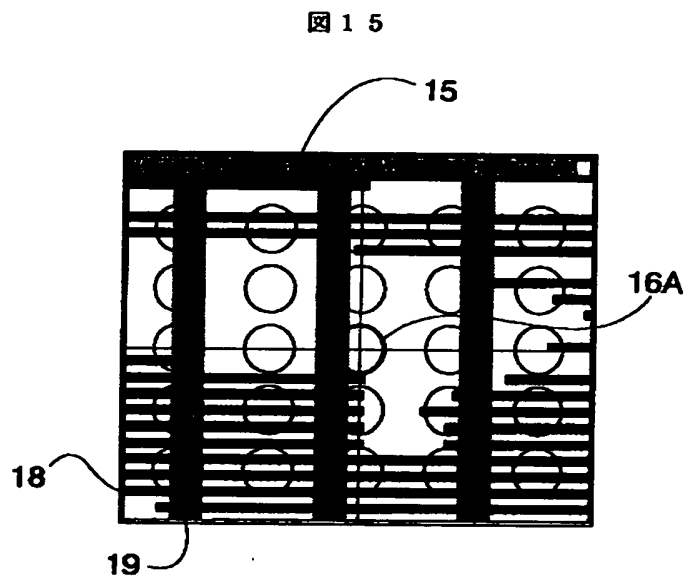


【図 1 4】

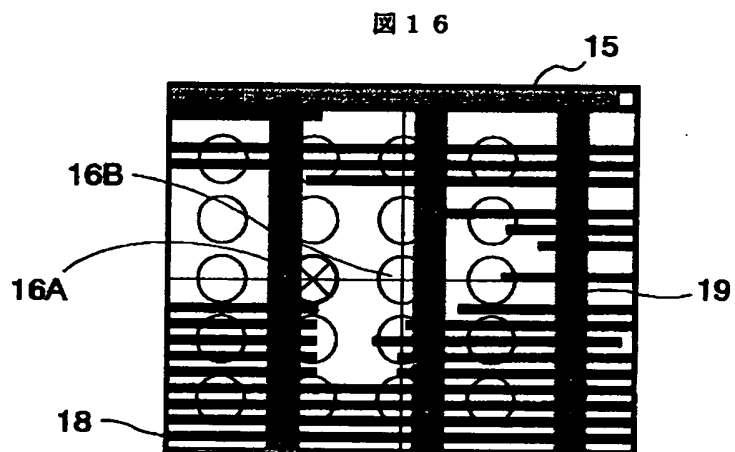
図 1 4



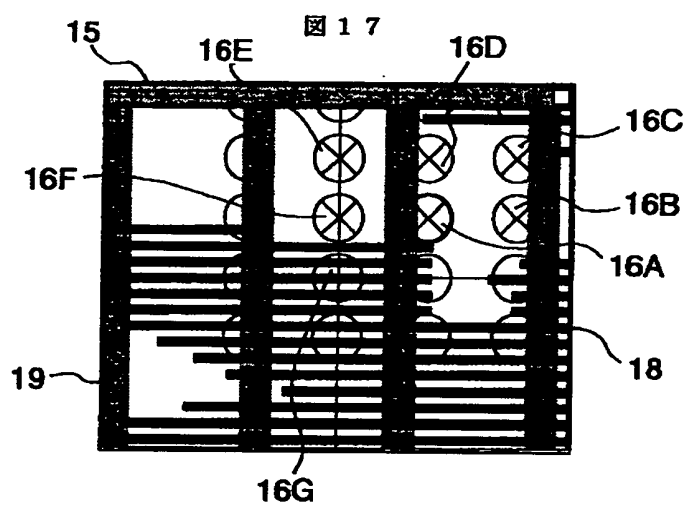
【図 15】



【図 16】

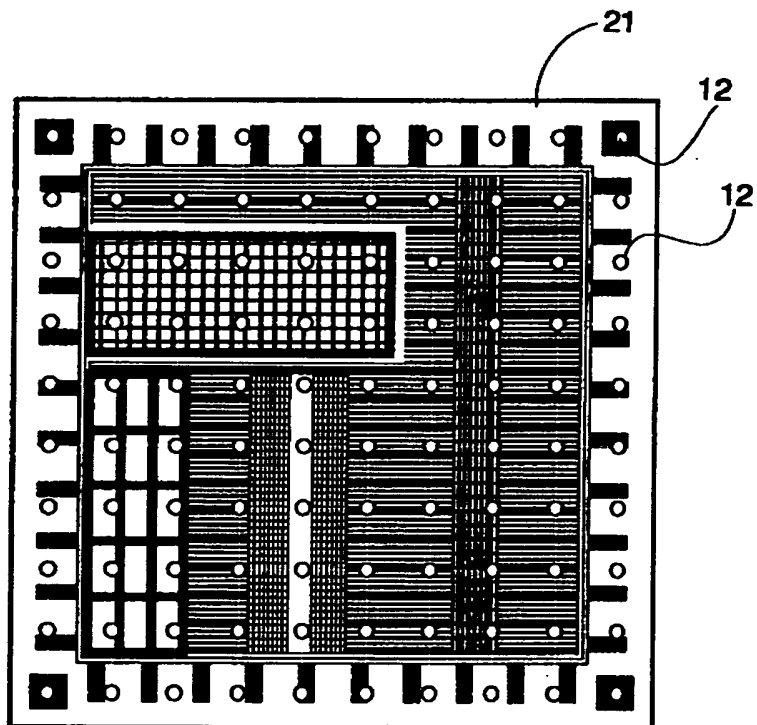


【図 1 7】



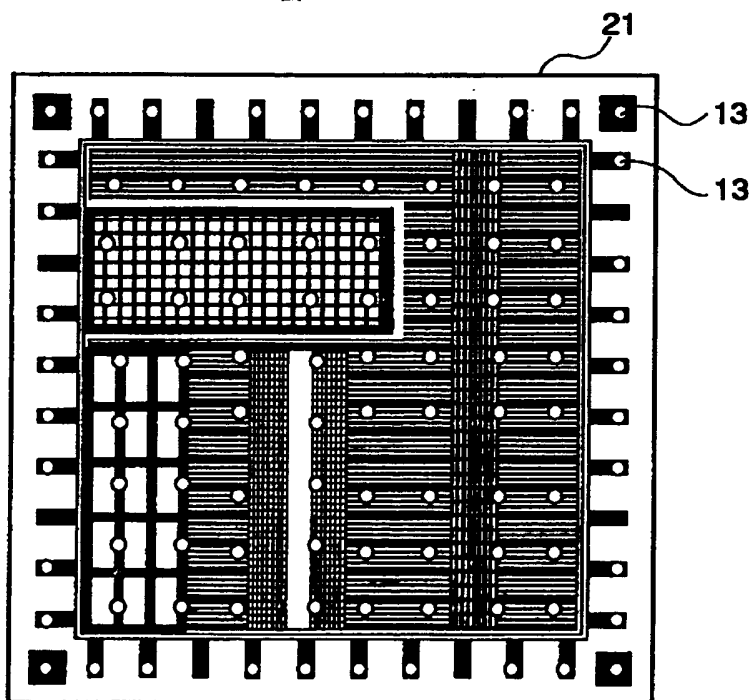
【図18】

図18



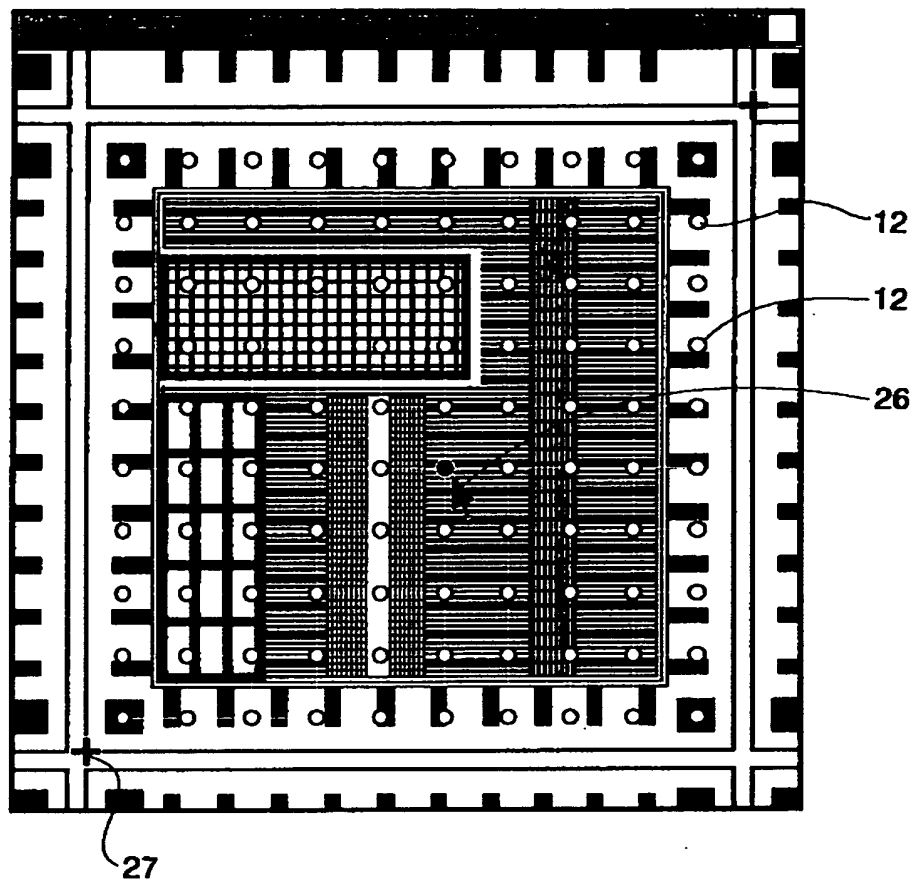
【図19】

図19



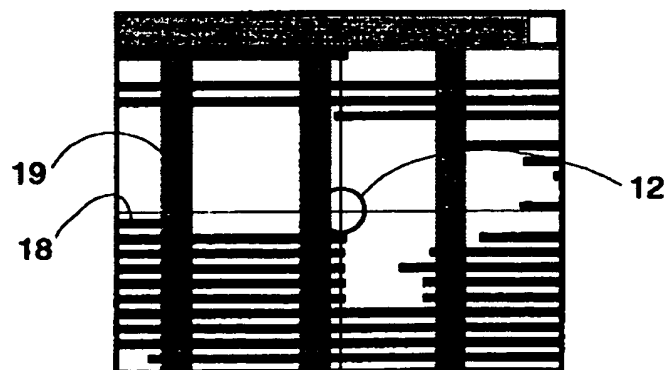
【図 20】

図 20



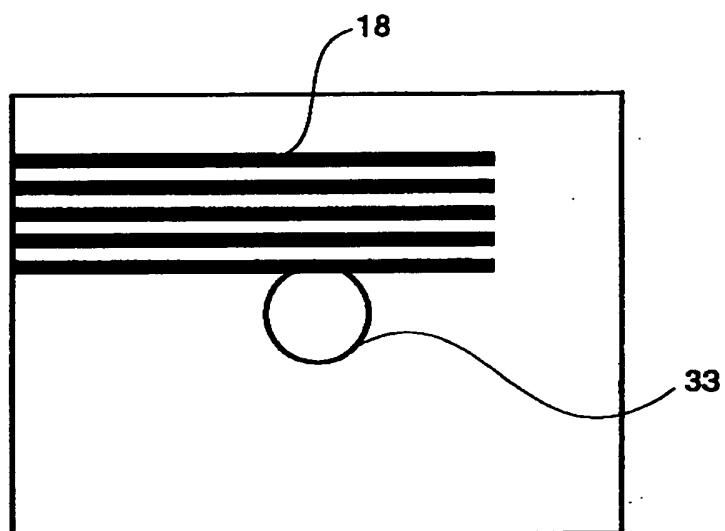
【図 21】

図 21



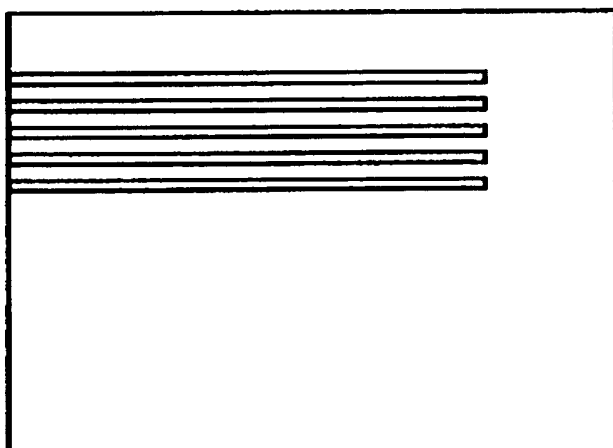
【図 2 2】

図 2 2



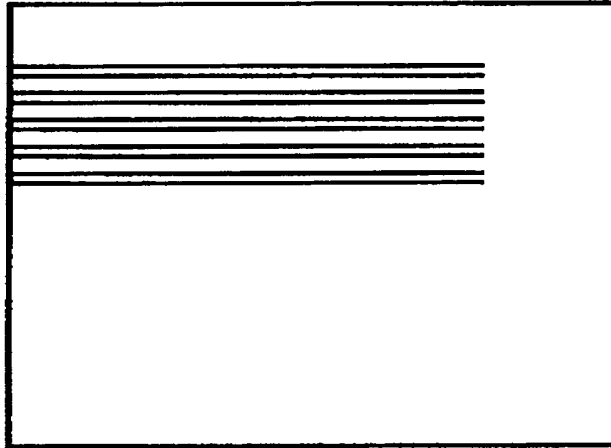
【図 2 3】

図 2 3



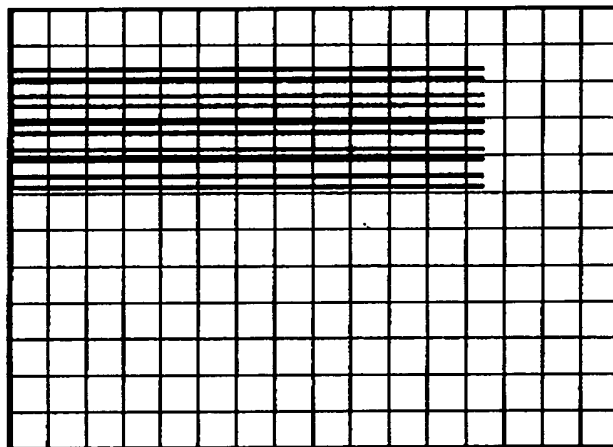
【図 2 4】

図 2 4



【図 2 5】

図 2 5





【図 2 6】

図 2 6

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	0	0	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	0	0	0
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	0	0	0
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

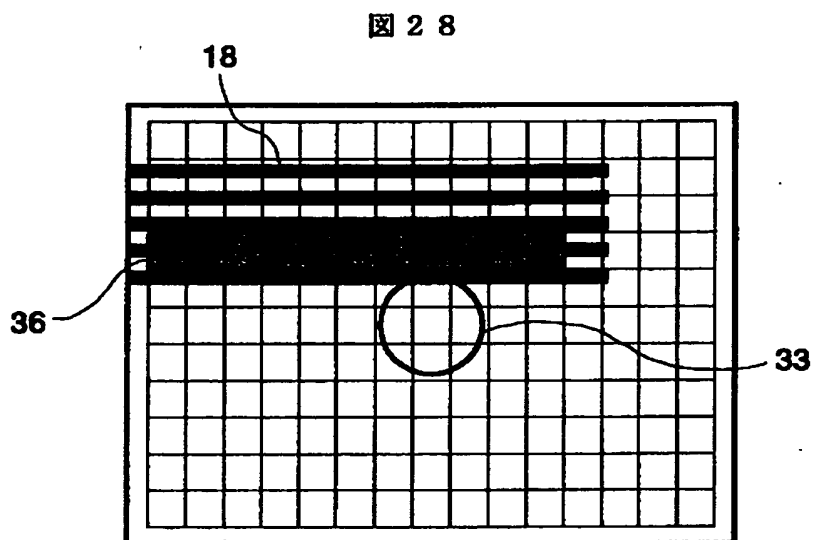
【図 2 7】

図 2 7

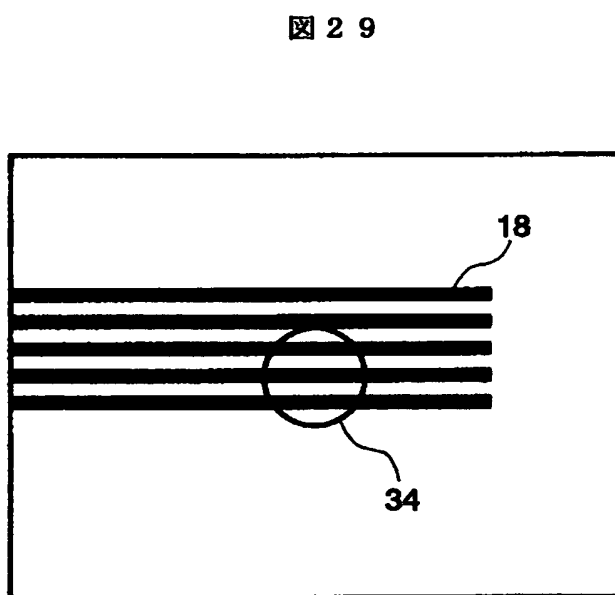
36

20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	5	0	0
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	30	10	0	0
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	35	10	0	0
												40	10	0	0
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	20	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

【図 28】

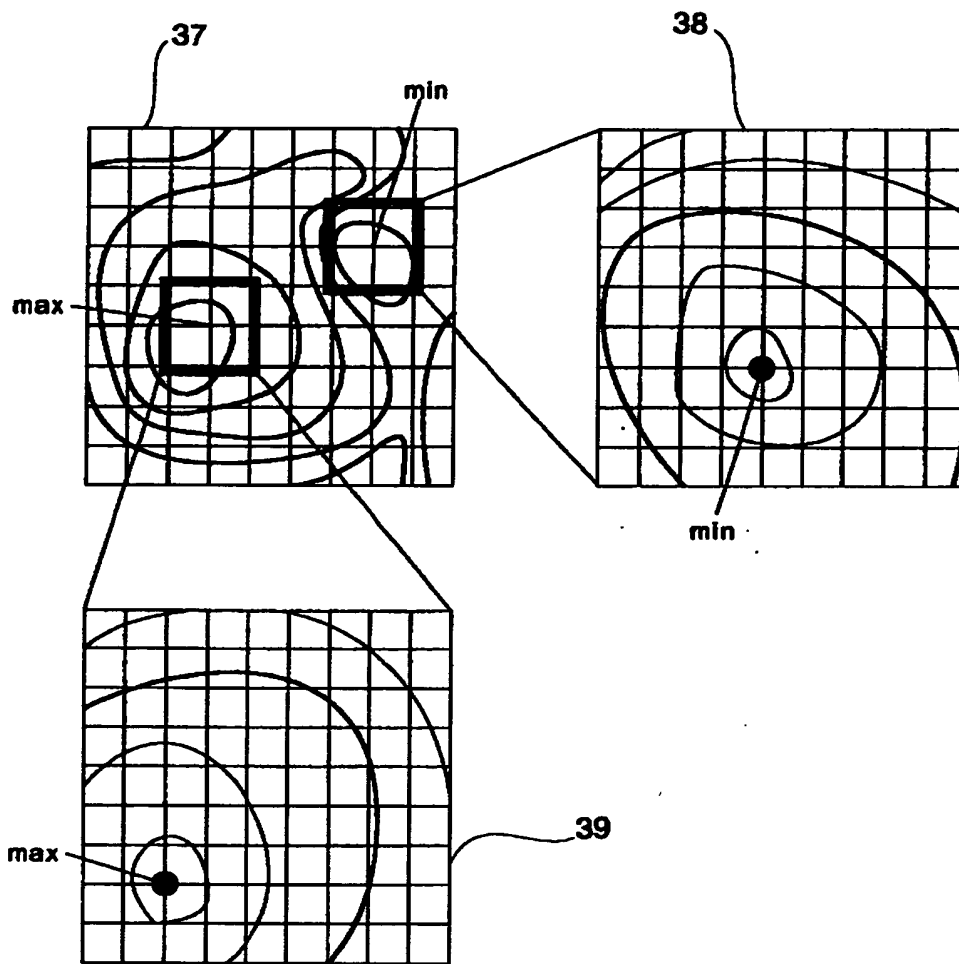


【図 29】



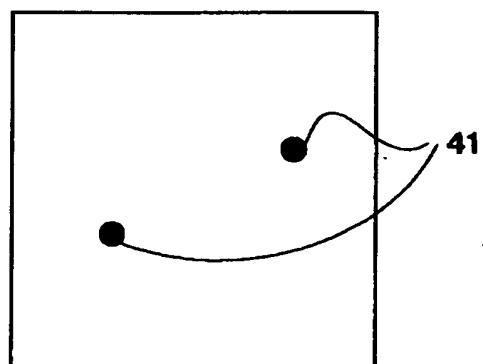
【図 30】

図 30



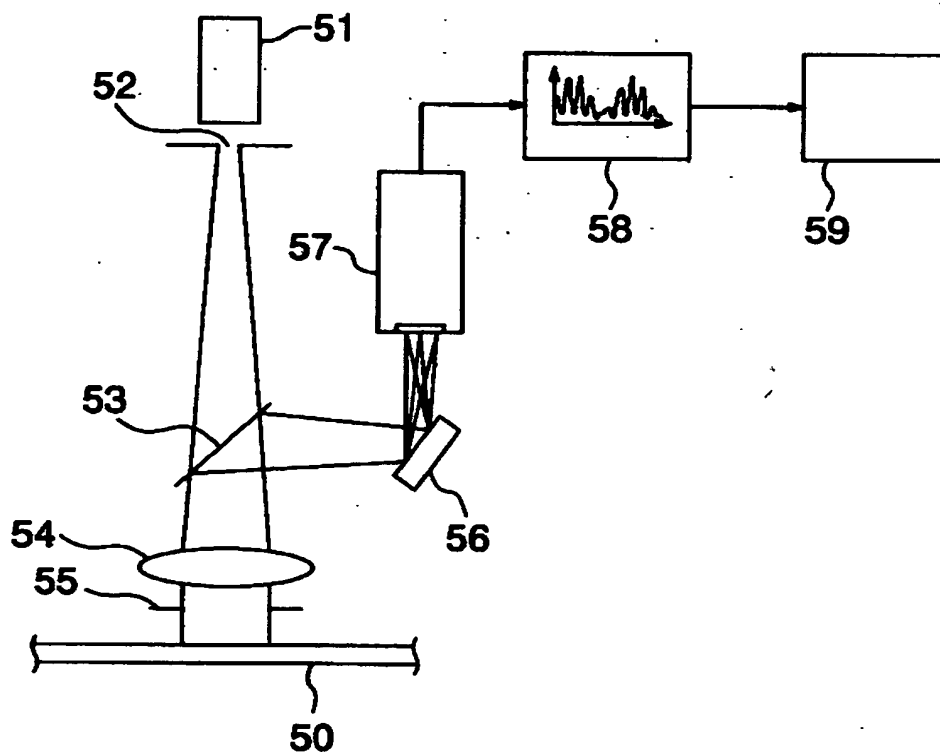
【図 31】

図 31



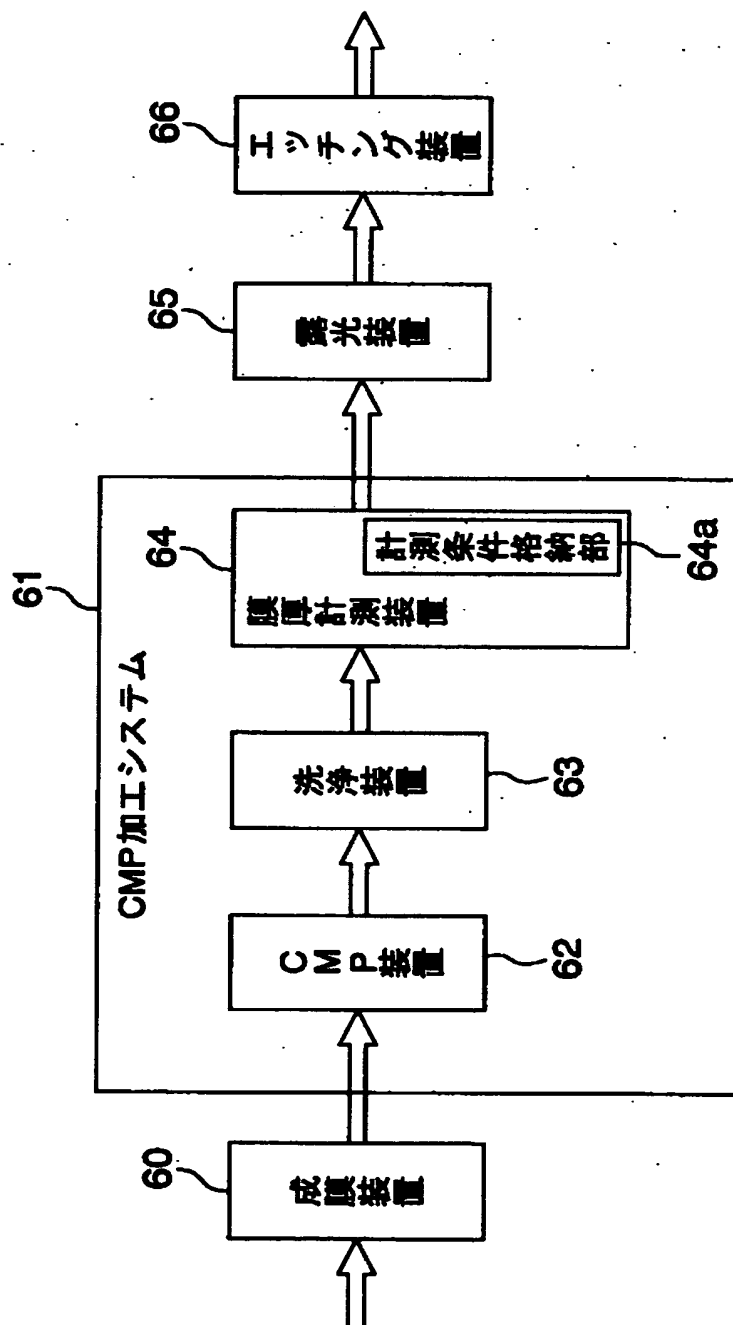
【図32】

図 32

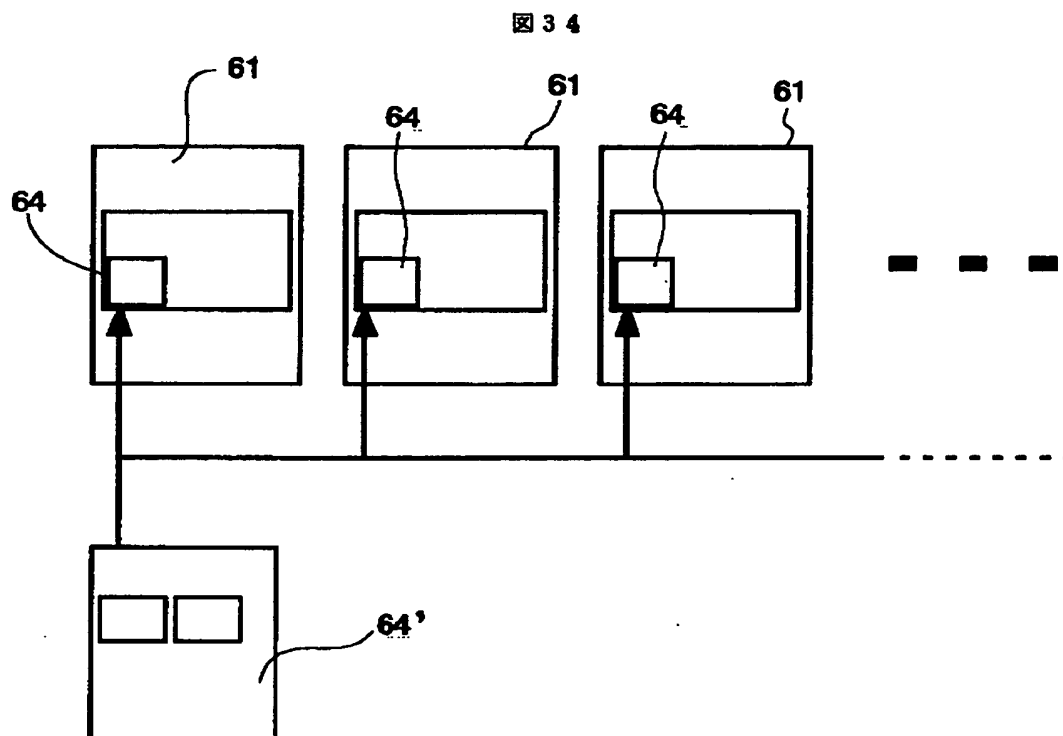


【図33】

図33



【図 34】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学的に透明な薄膜に埋設された回路パターン上の透明膜の膜厚を測定するための計測点を、有意なものに自動的に決定できるようにすること。

【解決手段】 ウェハ上に透光性の薄膜に埋設する形で回路パターンが形成され、この回路パターン上の透光性の薄膜の膜厚を測定するための計測点を自動で決定する膜厚計測のための計測点決定方法において、ウェハ上の特定のチップ領域において予め定めた仮の基準計測点を起点として、この仮の基準点の近傍を予め定めた経路にしたがって、間欠的もしくは連続的にウェハ表面に光を照射してウェハからの反射光を検出し、検出した反射光の分光波形データに基づき、膜厚計測のための計測点を決定するようにされる。

【選択図】 図 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所